

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭60-242406

⑤ Int. Cl.⁴ 識別記号 庁内整理番号 ⑬ 公開 昭和60年(1985)12月2日
G 02 B 6/16 A-7370-2H
// G 02 B 6/28 A-8106-2H
27/28 8106-2H 審査請求 未請求 発明の数 1 (全6頁)

⑭ 発明の名称 単一偏波光ファイバ

⑯ 特 願 昭59-98337

⑰ 出 願 昭59(1984)5月16日

⑱ 発 明 者 岡 本 勝 就 茨城県那珂郡東海村大字白方字白根162番地 日本電信電話公社茨城電気通信研究所内

⑲ 発 明 者 横 浜 至 茨城県那珂郡東海村大字白方字白根162番地 日本電信電話公社茨城電気通信研究所内

⑳ 発 明 者 野 田 壽 一 茨城県那珂郡東海村大字白方字白根162番地 日本電信電話公社茨城電気通信研究所内

㉑ 出 願 人 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号

㉒ 代 理 人 弁理士 新居 正彦

明 細 書

1. 発明の名称

単一偏波光ファイバ

2. 特許請求の範囲

コアと、該コアを囲むクラッドと、前記コアの相対向する両側に配置され、前記クラッドの熱膨脹係数と異なる熱膨脹係数を有する応力付与部とを具備しており、該応力付与部により規定される主軸面に対して所定の角度にある少なくとも1つの平坦な側面が形成されていることを特徴とする単一偏波光ファイバ。

3. 発明の詳細な説明

産業上の利用分野

本発明は、クロストークの極めて小さい偏波保持カップラを簡単に実現できる光ファイバに関するものである。

従来の技術

第2図は、従来の偏波保持ファイバを用いたカップラの作製手順を示すものである。第2図(a)は、従来使用されている光ファイバの被覆材を除去した状態の断面図であり、図示の光ファイバは、コア1と、コア1を囲むクラッド2と、コア1の相対向する両側に配置され、クラッド2の熱膨脹係数と異なる熱膨脹係数を有する応力付与部3とを具備して構成されている。

この光ファイバは、例えば、外径125 μ m、コア径6.5 μ m、比屈折率差 $\Delta = 0.4\%$ 、カットオフ波長 $\lambda_c = 1.1\mu$ mのシングルモード光ファイバである。

そして、カップラ作製の工程は以下の通りである。まず、第2図(b)に示すように、2本の光ファイバ4及び5の中央部分の被覆材を除去し、顕微鏡6で光ファイバ側面から応力付与部3を観察する。その際、光ファイバ4及び5は、屈折率整合液に浸し観察を容易にし、必要に応じて光ファイバを回転させ所望の配列に、例えば、各光ファイ

バ4及び5の応力付与部によって形成される主軸面が互いに平行に、位置するように揃える。

次いで、光ファイバ4及び5の融着を助けるために、配列した光ファイバ4及び5の側面にSiO₂系ガラス微粒子を薄く堆積する。

続いて、第2図(c)に示すように、酸素プロパン炎で上記配列部を加熱することによってファイバを平行に融着する。

最後に、融着部を加熱しつつ、光ファイバ4及び5の支持台を移動し、第2図(d)に示すように、テーパ状に延伸する。この延伸により、ファイバ外径とともにコア径が小さくなり、光電界の広がりが増し、2つのコア間に光結合が生ずるカップラ部分7が形成される。

偏波保持カップラにおいて重要なパラメータとしては挿入損失とクロストークが挙げられる。

挿入損失に関しては、2つの光ファイバ4及び5のそれぞれの応力付与部の配列とは無関係であるが、クロストークに関しては重要な影響がある。例えば、第3図(a)に示すように、2つの光ファイ

バの主軸X₁及びX₂に配列角度誤差 $\Delta\theta$ が有るとき、第3図(b)に示すように、融着延伸されたカップラ部分7にも主軸X₁'及びX₂'の角度誤差 $\Delta\phi$ が残る。実験の結果、第3図(b)の配列の場合には、融着前の2つの光ファイバの主軸X₁及びX₂の配列角度誤差 $\Delta\theta$ と、融着延伸されたカップラ部分7における主軸X₁'及びX₂'の角度誤差 $\Delta\phi$ との関係は、次の如くであった。

$$\Delta\phi \approx 0.6 \Delta\theta \quad \dots (1)$$

そして、カップラ部分の角度誤差 $\Delta\phi$ とクロストークCTの関係は、

$$CT = 10 \log (\tan^2 (\Delta\phi)) [dB] \quad \dots (2)$$

で与えられる。

第4図に、光ファイバの配列角度誤差 $\Delta\theta$ とクロストークの関係を示す。第4図からは、クロストーク-40dB以下の偏波保持カップラを作製するためには、

$$\Delta\theta \leq 0.95^\circ \quad \dots (3)$$

でなければならない。

しかし、従来のようなクラッドが円形の光ファイ

バを用いる場合には、配列誤差 $\Delta\theta \approx 3^\circ$ 程度が限度であり、従って、クロストークも-25dB以下のカップラは得られないという困難さがあった。また、偶然に、 $\Delta\theta \approx 1^\circ$ の配列が達成されたとしても、融着延伸の際にファイバが回転してクロストークが劣化するという欠点があった。

発明が解決しようとする問題点

以上のように、従来のクラッドが円形の光ファイバによって偏波保持カップラを作製する場合、クロストークが十分低いカップラを実現することができなかった。

そこで、本発明は、クロストークの極めて小さい偏波保持カップラを簡単に実現できる光ファイバを提供せんとするものである。

問題点を解決するための手段

すなわち、本発明によるならば、コアと、該コアを囲むクラッドと、前記コアの相対向する両側に配置され、前記クラッドの熱膨脹係数と異なる

熱膨脹係数を有する応力付与部とを具備している単一偏波光ファイバにおいて、該応力付与部により規定される主軸面に対して所定の角度にある、例えば主軸面に平行または直交する少なくとも1つの平坦な側面が形成される。

作用

以上のような光ファイバにおいて、偏波保持カップラを作製する場合、2つの光ファイバの平坦な側面を互いに当接させて両光ファイバを融着結合すると、各光ファイバの応力付与部による主軸面を自動的にほぼ平行に、具体的には主軸配列誤差を1度以内とすることができ、クロストークの極めて小さい偏波保持カップラを作製することができる。

実施例

以下添付図面を参照して本発明による光ファイバの実施例を説明する。

第1図は、本発明による光ファイバの一実施例

の断面図である。

第1図(a)に示す光ファイバは、コア10と、そのコア10を囲むクラッド12とを有し、そのクラッド12には、コア10の相対向する両側に配置され、クラッド12の熱膨脹係数と異なる熱膨脹係数を有する一対の応力付与部14が設けられている。そして、この光ファイバの場合は、応力付与部14により規定されるx方向軸と直交するy軸方向のクラッド表面は、x方向と平行な平坦面が形成されている。

第1図(b)は、本発明による別の光ファイバを示しており、この光ファイバは、コア20と、そのコア20を囲むクラッド22と、コア20の相対向する両側に配置され、クラッド22の熱膨脹係数と異なる熱膨脹係数を有する応力付与部24とを具備している。そして、この光ファイバの場合は、応力付与部24により規定される主軸面の方向即ちx方向のクラッド表面が、y方向に平行な平坦面になっている。

第1図(c)は、本発明による更に別の光ファイバを示しており、この光ファイバは、コア30と、そ

のコア30を囲むクラッド32と、コア30の相対向する両側に配置され、クラッド32の熱膨脹係数と異なる熱膨脹係数を有する応力付与部34とを具備している。そして、この光ファイバの場合は、応力付与部34により規定されるx方向のクラッド表面と、そのx方向と直交するy方向のクラッド表面とが、それぞれ平坦になっている。従って、この光ファイバの場合は、クラッドの側面は、角が丸いほぼ矩形になされている。

第5図(a)は、第1図(a)の実施例の単一偏波ファイバの製造に用いられたプリフォームの模式図であり、第5図(b)はその断面図である。このプリフォームは、コア母材40と、例えばドリルによって穴開けされたクラッド母材42と、そのクラッド母材42の穴44に充填される応力付与部用母材46とから構成されている。そして、そのクラッド母材42は、第5図(b)に示すように、応力付与部用母材42の配置されていない側のクラッド表面が予め平坦な面48に研磨されている。

第5図(b)のプリフォームを線引き炉で通常の線

引温度(2100℃)より低温(1700℃~1900℃)で線引きすることにより、クラッド表面の平坦面48が保たれた状態でファイバ化することができた。その後、必要な被覆を施すことにより、光ファイバをつくることができる。

第1図(b)及び(c)に示す光ファイバも、クラッド母材42の側面の形状を変えるだけで同様につくることができる。

第6図(a)は、上記のように線引きされた光ファイバを2本配列したときの断面図を示す。クラッド表面が平坦であるために、主軸配列誤差 $\Delta\theta$ は容易に1度以下にすることが可能である。

第6図(a)に示した本発明による単一偏波保持カップラ用単一偏波ファイバの諸元例を以下に示す。ファイバ即ちクラッド12の外径(長軸) $2b=130\mu\text{m}$ 、平坦部の外径(短軸) $2b'=74\mu\text{m}$ 、コアの屈折率差 $\Delta=0.24\%$ 、コア径 $2a=6.5\mu\text{m}$ 、応力付与部の直径 $2d=41\mu\text{m}$ 、応力付与部のボロン濃度 $M(\text{B}_2\text{O}_3)=15\text{mol}\%$ である。ファイバ自体のクロストークは、10m長で-46dBである。

第6図(a)のように、2本の単一偏波ファイバを配列した後、第2図の従来例に関連して説明した場合と同様に、ファイバ側面に SiO_2 系ガラス微粒子を薄く堆積した後、酸素プロパン炎で上記配列部を加熱することによってファイバを平行に融着した。次に融着部を加熱しつつ、光ファイバの支持台を移動してテーパ状に延伸しカップラ部分を作製した。

そのようにして作製されたカップラ部分の断面図を第6図(b)に示す。加熱、延伸によりカップラ部分の融着して一体化したクラッド16の表面は丸くなり、また、応力付与部14が楕円形になっている。しかし、融着延伸の際にファイバが回転することなく、応力付与部14によって規定される主軸同士は平行に配列されていることが分かる。

第7図は、以上のようにして作製した偏波保持カップラ部分のクロストーク測定の様式図である。途中で結合された2つの光ファイバ18a及び18bの一方のファイバ18aに、第7図に示すように、応力付与部14によって規定される主軸面(x方向)

に偏波面Pが位置する直線偏光を入射する。そのとき、出射側のファイバ18a'及び18b'からの光の偏光状態を測定して、カップラ部分19でのクロストークを調べた。なお、2つの光ファイバ18a'及び18b'の結合部すなわちカップラ部分19の断面は、第6図(b)と同様になっている。

測定の結果は、ファイバ18a'からの光の直交偏波成分の発生量(クロストーク)は

$$10 \log \frac{P_y}{P_x} = -40.0 \text{ dB} \quad \dots (4)$$

但し、 P_y は、光のx方向(主軸面)の成分

P_x は、光のy方向の成分

であり、ファイバ18b'からの光の直交偏波成分の発生量(クロストーク)は

$$10 \log \frac{P_{y'}}{P_{x'}} = -39.6 \text{ dB} \quad \dots (5)$$

但し、 $P_{y'}$ は、光のx方向(主軸面)の成分

$P_{x'}$ は、光のy方向の成分

であった。式(2)を用いて、主軸配列誤差を逆算すると $\Delta\theta \leq 0.6^\circ$ ($\Delta\theta \leq 1.0^\circ$)となり、従来の

くとも、同様にクロストークの少ない偏波保持カップラを実現できる。

発明の効果

以上、説明した通り、本発明による光ファイバによれば、主軸配列誤差の極めて小さい偏波保持カップラを作製できるため、クロストークの極めて小さいカップラを再現性良く実現できる。

上記の説明においては低クロストークの偏波保持カップラについて述べたが、本実施例の単一偏波ファイバを用いれば、ファイバ同士の接続に際しても2本のファイバの主軸を容易に合わせることができ、極めてクロストークの小さい接続を実現することもできる。

更に、本発明による光ファイバと、外径の円形の単一モードファイバがあるいは偏波保持光ファイバとの融着接続でも、本発明による光ファイバが対称構造になっているので融着部の表面張力による偏心が極めて小さく、接続後も小さい接続を実現することができる。

円形断面ファイバを用いる場合に比べて、主軸配列誤差が極めて小さくなっていることが分かる。

第1図(b)及び(c)に示す本発明による光ファイバのほかの実施例の他のカップラ用単一偏波ファイバを使用して種々のカップラを作製した結果、いずれの場合もクロストークが-35dB以下のカップラが再現性良く作製でき、クロストークの極めて小さい偏波保持カップラの作製に対して本発明によるカップラ用単一偏波ファイバが有効であることが示された。

上記した実施例では、クラッドの両面が平坦であるカップラ用単一偏波ファイバについて説明したが、片面のみ平坦であるようなファイバを用いても主軸配列誤差の極めて小さく、クロストークの非常に小さい偏波保持カップラが作製出来ることは勿論である。

また、上記した実施例では、光ファイバのクラッドの平坦な側面は、x軸方向またはy軸方向にあったが、その平坦な側面は、主軸面に対して所定の角度にあれば、x軸方向またはy軸方向にな

4. 図面の簡単な説明

第1図(a)、(b)及び(c)は、本発明による光ファイバの実施例の概略断面図である。

第2図(a)は、従来の円形断面ファイバの概略断面図である。

第2図(b)、(c)及び(d)は、従来の円形断面ファイバを用いたカップラ作製工程を示す図である。

第3図(a)及び(b)は、2本のファイバが配列された状態、及び加熱、延伸によって作製されたカップラ部分の断面図である。

第4図は、主軸配列角度誤差とクロストークの関係を示すグラフである。

第5図(a)及び(b)は、第1図(a)に示す本発明による光ファイバを作製するために用いたプリフォームの概略斜視図と概略断面図である。

第6図(a)及び(b)は、第1図(a)のカップラ用単一偏波ファイバを配列した状態、及び加熱、延伸によって作製されたカップラ部分の断面図である。

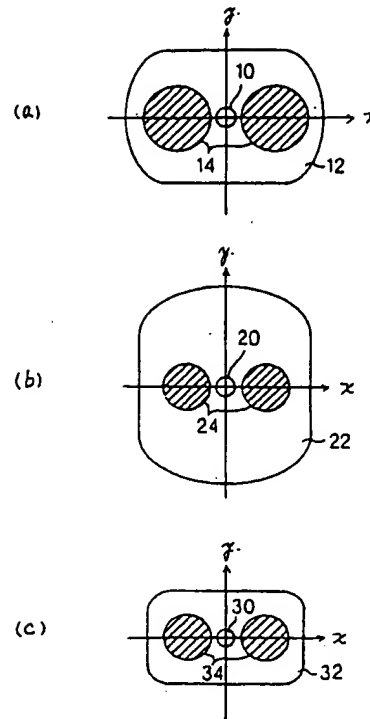
第7図は、第6図に示すカップラ部分のクロストーク測定の様式図である。

(主な参照番号)

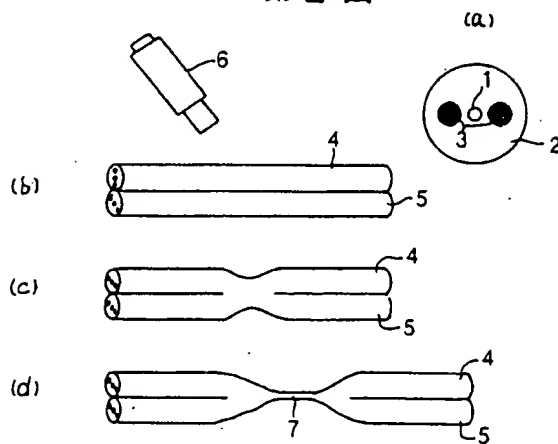
- 1・・・コア、2・・・クラッド、
 3・・・応力付与部、4、5・・・光ファイバ、
 6・・・顕微鏡、7・・・カップラ部分、
 10、20、30・・・コア、
 12、22、32・・・クラッド、
 14、24、34・・・応力付与部、
 16・・・融着クラッド部分、
 18a、18b・・・入射側光ファイバ、
 18a'、18b'・・・出射側光ファイバ、
 19・・・カップラ部分、
 40・・・コア母材、
 42・・・クラッド母材、
 46・・・応力付与部用母材

特許出願人 日本電信電話公社
 代理人 弁理士 新居 正彦

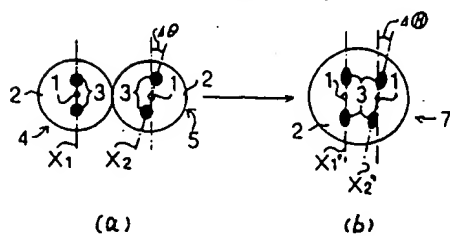
第1図



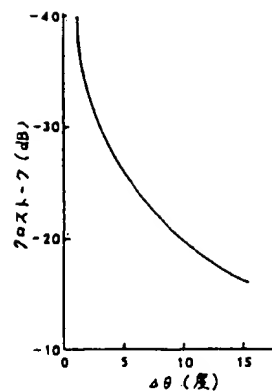
第2図



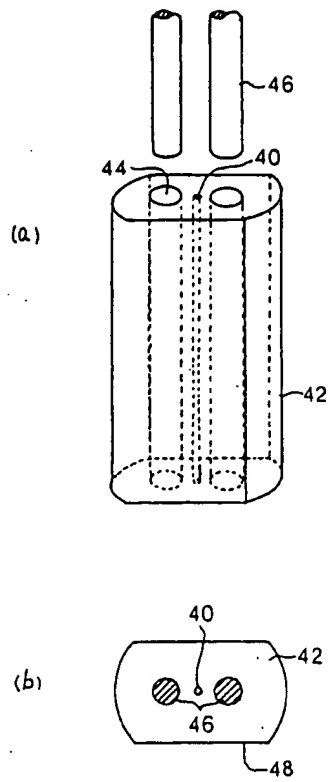
第3図



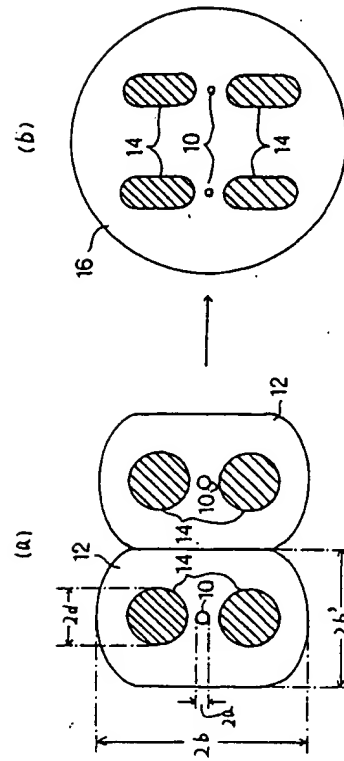
第4図



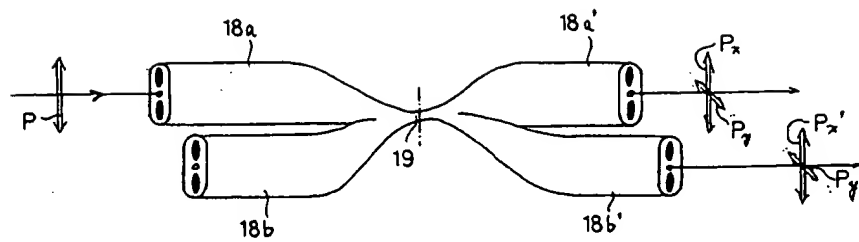
第5図



第6図



第7図



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 60-242406

(43)Date of publication of application : 02.12.1985

(51)Int.Cl.

G02B 6/16
// G02B 6/28
G02B 27/28

(21)Application number : 59-098337

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP
<NTT>

(22)Date of filing : 16.05.1984

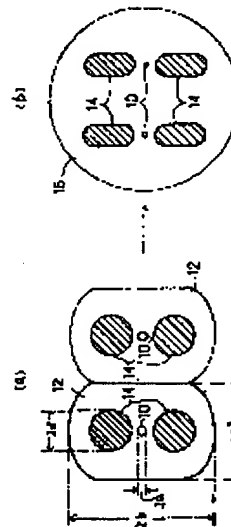
(72)Inventor : OKAMOTO KATSUNARI
YOKOHAMA ITARU
NODA JUICHI

(54) SINGLE POLARIZATION OPTICAL FIBER

(57)Abstract:

PURPOSE: To enable easy realization of a polarization maintaining coupler having an extremely small crosstalk by forming at least one flat side faces parallel or orthogonal with the main axial plane controlled by stress applying parts.

CONSTITUTION: A pair of stress applying parts 14 having a coefft. of thermal expansion different from the coefft. of thermal expansion of a clad 12 enclosing a core 10 is provided to the clad 12. The flat surface parallel with the direction controlled by the parts 14 is formed on the surface of the clad 12. An error in the arrangement of the main axis can be decreased easily to $\leq 1^\circ$ as the clad surface is flat when two pieces of the optical fibers are arranged. Rotation of the fiber in the stage of welding and stretching is obviated and the main axes controlled by the parts 14 are arranged in parallel with each other. The polarization maintaining coupler having the extremely small error in the arrangement of the main axes is thus manufactured.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]